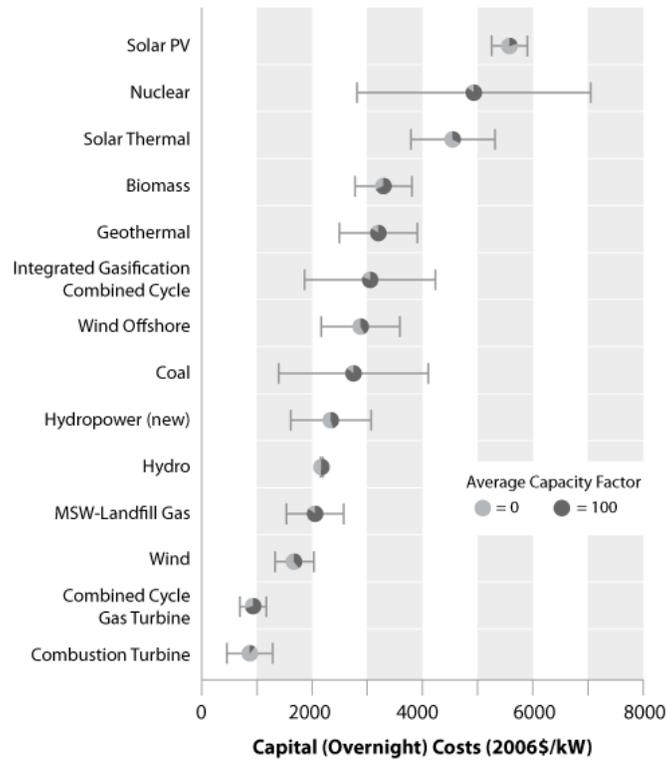
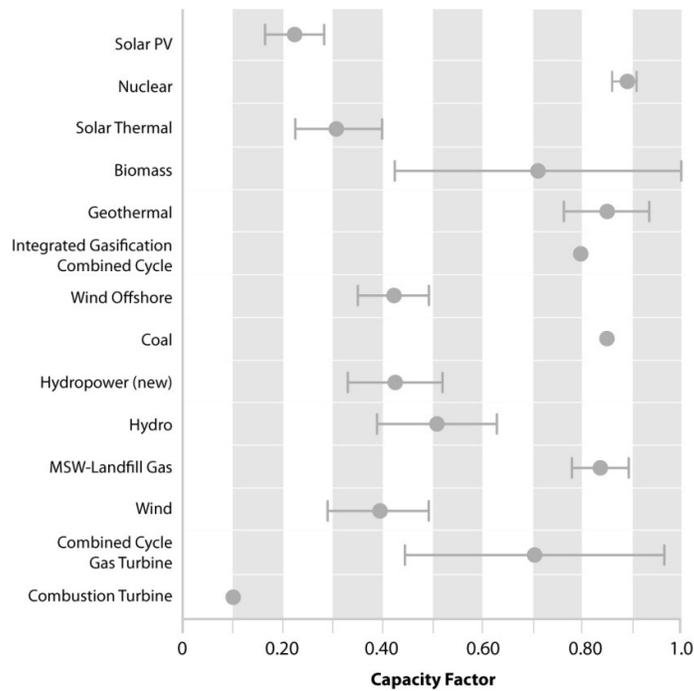
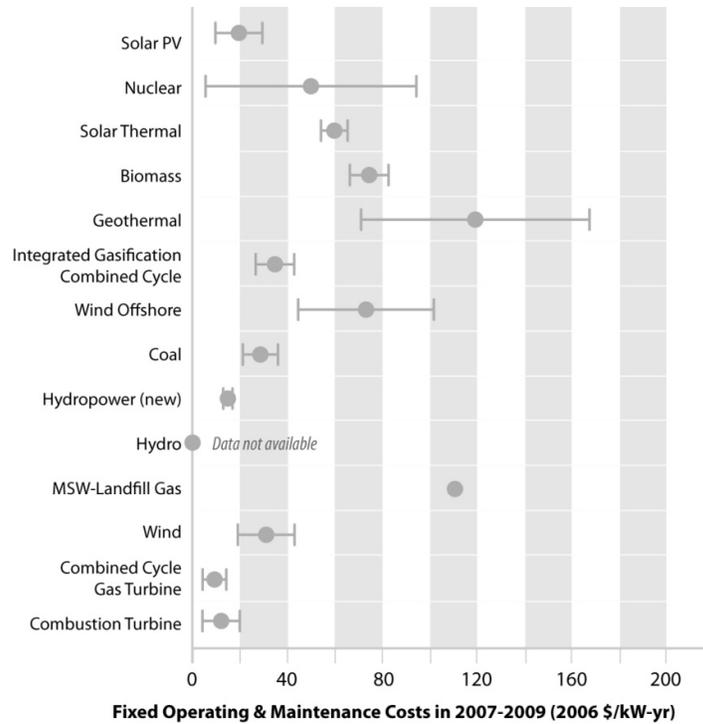
PROBLEMAS DAS AULAS

PROBLEMA 1: CUSTOS DAS TECNOLOGIAS

Os dados que a seguir se apresentam foram obtidos do National Renewable Energy Laboratory (NREL) e ilustram custos e utilizações de diferentes tecnologias.

Os custos variáveis das diferentes tecnologias (USA) são: carvão 30 $/MWh, gás natural 50 $/MWh, fuelóleo 80 $/MWh, nuclear 12 $/MWh e biomassa 42 $/MW.

As taxas de emissões de CO_2 são 1,02, 0,51 e 0,76 ton/MWh para carvão, gás natural e fuelóleo, respectivamente. O custo da emissão de CO_2 considera-se 15 $/ton.

Considera-se que a vida útil da instalação é de 30 anos e a taxa de desconto nominal é de 10%.

a) Calcule os custos nivelados das tecnologias: fotovoltaica, nuclear, carvão, eólico, ciclo combinado e turbina de combustão, com e sem o custo do CO_2.
b) É razoável comparar o custo nivelado de uma tecnologia despachável com uma tecnologia intermitente. Justifique.
c) Os resultados obtidos para os Estados Unidos são aplicáveis na Europa? Justifique.

PROBLEMA 1A: FACTORES DE CAPACIDADE DAS TECNOLOGIAS EM PORTUGAL

A tabela seguinte mostra dados da produção de energia eléctrica em Portugal no ano 2013.

	[GWh]		[MW]	$\alpha = \frac{P_{Average}}{P_{Max}}$	$h = \frac{8760.P_{Aver.}}{P_{Max}}$ [h]
Total generation	**47837**	**Installed capacity**	**17792**	**0.31**	**2689**
Renewable	**28373**	**Renewable**	**10913**	**0,30**	**2600**
Big hydro	12146	Big hydro	5239	0,26	2318
Small hydro	1337	Small hydro	413	0,37	3237
Wind	11751	Wind	4368	0,31	2690
Thermal	1160	Thermal	467	0,28	2484
Cogeneration	1532	Cogeneration	343	0,51	4467
Solar	446	Solar	282	0,18	1582
Non-renewable	18307	**Non-renewable**	**6879**	**0,30**	**2661**
Coal	10953	Coal	1756	0,71	6237
Natural gas (CCGT)	1501	Natural gas (CCGT)	3829	0,04	392
Cogeneration (nat. gas)	5407	Cogeneration (nat. gas)	929	0,67	5820
Others	446	Others	364	0,14	1225
Cogeneration	211	Cogeneration	199	0,12	1060
Pumped storage generation	1157				
Consumption of pumps	1458				
Import balance	2776				
Imports	5229				
Exports	2447				
Total demand	49155				

a) Qual o significado do factor de capacidade? E de utilização?

b) Quais as tecnologias da tabela que apresentam factores de capacidade ou utilizações anormais? Quais os motivos que conduziram a tais números?
c) Com os dados do problema 1 e as utilizações apresentadas na tabela, calcule os custos nivelados para as tecnologias: solar PV, carvão, eólica e CCGT.

PROBLEMA 2: ESCOLHA DE TENOLOGIAS E CUSTOS DO SISTEMA

Considere-se o seguinte exemplo numérico[1] que ilustra a escolha de tenologias de produção.

Dispõe-se de três tecnologias: base (1), intermédia (2) e de ponta (3) a alimentar um dado sistema elétrico, hipotético, caracterizado pela respetiva curva monótona.

Os dados da procura são explicitados na expressão (1) que traduz a carga. A curva monótona é definida pela seguinte expressão:

$$D = 22000 - 1.37h \quad (1)$$

D é a carga do sistema e h é o número de horas para a carga atingir o nível D, isto é, a potência D.

A Tabela 1 apresenta os dados mais significativos da oferta.

1 O exemplo numérico foi retirado do artigo "*Capacity Payments in Imperfect Electricity Market: Need and Design*", Utilities Policy, 2008, P. Juskow. Como refere este autor, a metodologia de planeamento usada no artigo, e que se retoma no presente texto, remonta aos trabalhos de Boiteux (EdF) nos anos 50. É portanto uma metodologia clássica de planeamento do sistema electroprodutor.

P. Joskow, defensor da desregulação do setor elétrico, refere ainda que:" os mercado que funcionam bem deverão reproduzir os resultados idealizados pelo planeamento central"

Tabela 1

Tecnologia de produção	Custo fixo $/MW/Ano	Custo variável $/MWh
Base (1)	**240000**	**20**
Intermédia (2)	**160000**	**35**
Ponta (3)	**80000**	**80**

a) Diga como se obtém a curva monótona.

b) Relativamente à oferta de tecnologias presentes na Tabela 1, diga o significado dos valores apresentados.

c) Calcule os valores das potências instaladas das diferentes tecnologias de modo a minimizar o custo total.

d) Com o sistema optimizado, determine o custo total e o valor médio do custo do MWh do sistema.

e) Com o sistema optimizado, calcule o valor médio do MWh de cada tecnologia.

PROBLEMA 3: RECUPERAÇÃO DOS CUSTOS DO SISTEMA EQUILIBRADO ATRAVÉS DO MERCADO COM PREÇOS IGUAIS AOS CUSTOS MARGINAIS

Considere-se o seguinte exemplo numérico que ilustra a escolha de tenologias de produção.

Dispõe-se de três tecnologias: base (1), intermédia (2) e de ponta (3) a alimentar um dado sistema elétrico, hipotético, caracterizado pela respetiva curva monótona.

Os dados da procura são explicitados na expressão (1) que traduz a carga. A curva monótona é definida pela seguinte expressão:

$$D = 22000 - 1.37h \qquad (1)$$

D é a carga do sistema e h é o número de horas para a carga atingir o nível D, isto é, a potência D.

A Tabela 1 apresenta os dados mais significativos da oferta.

Tabela 1

Tecnologia de produção	Custo fixo $/MW/Ano	Custo variável $/MWh
Base (1)	**240000**	**20**
Intermédia (2)	**160000**	**35**
Ponta (3)	**80000**	**80**

No problema 2, determinou-se o sistema equilibrado no qual as potências das tecnologias foram escolhidas de modo a minimizar o custo total do sistema. Os resultados obtidos são ilustrados na Tabela 2.

Tabela 2

Tecnologia de produção	Potência instalada MW	Custo total $ 10^9
Base (1)	14694	5,940
Intermédia (2)	4871	1,385
Ponta (3)	2435	0,368

Os custos das diferentes tecnologias são recuperados através do mercado onde se assume que as ofertas de energias são baseadas nos custos marginais.

a) Diga o que entende por custo médio e o custo marginal.

b) Indique as horas em que as diferentes tecnologias são marginais.

c) Calcule as quantias recebidas através do mercado pelas diferentes tecnologias.

d) Compare os valores da alínea anterior com os apresentados na Tabela 2. Para cada tecnologia divida a diferença encontrada pela potência instalada. Que representa o valor encontrado?

e) No mercado de energia justifique o pagamento de capacidade.

PROBLEMA 4: RECUPERAÇÃO DOS CUSTOS DE UM SISTEMA DESEQUILIBRADO. QUANTIAS RECEBIDAS ATRAVÉS DO MERCADO COM PREÇOS IGUAIS AOS CUSTOS MARGINAIS

Considere-se o seguinte exemplo numérico que ilustra a escolha de tenologias de produção.

Dispõe-se de três tecnologias: base (1), intermédia (2) e de ponta (3) a alimentar um dado sistema elétrico, hipotético, caracterizado pela respetiva curva monótona.

Os dados da procura são explicitados na expressão (1) que traduz a carga. A curva monótona é definida pela seguinte expressão:

$$D = 22000 - 1.37h \quad (1)$$

D é a carga do sistema e h é o número de horas para a carga atingir o nível D, isto é, a potência D.

A Tabela 1 apresenta os dados mais significativos da oferta.

Tabela 1

Tecnologia de produção	Custo fixo $/MW/Ano	Custo variável $/MWh
Base (1)	**240000**	**20**
Intermédia (2)	**160000**	**35**
Ponta (3)	**80000**	**80**

No problema 2, determinou-se o sistema equilibrado no qual as potências das tecnologias foram escolhidas de modo a minimizar o custo total do sistema. Os resultados obtidos são ilustrados na Tabela 2.

Tabela 2

Tecnologia de produção	Potência instalada MW	Custo total $ 10^9
Base (1)	14694	5,940
Intermédia (2)	4871	1,385
Ponta (3)	2435	0,368

Com o sistema construído, isto é, as tecnologias apresentam as potências indicadas na Tabela 2, aconteceu uma perturbação que afasta o sistema das condições equilibradas. Verificou-se uma variação dos custos variáveis das tecnologias intermédia e de ponta, Tabela 3. O sistema já não é equilibrado!

Tabela 3

Tecnologia de produção	Custo fixo $/MW/Ano	Custo variável $/MWh
Base (1)	240000	20
Intermédia (2)	160000	70
Ponta (3)	80000	160

a) Calcule os custos totais das diferentes tecnologias e do sistema.

b) Compare os valores encontrados com os obtidos no problema 2. Justifique as diferenças encontradas.

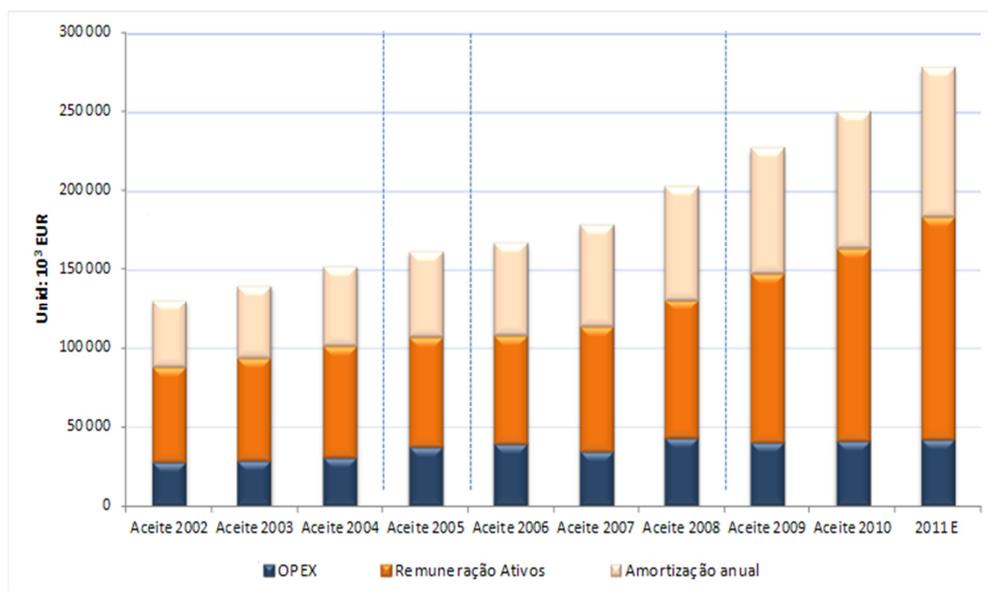
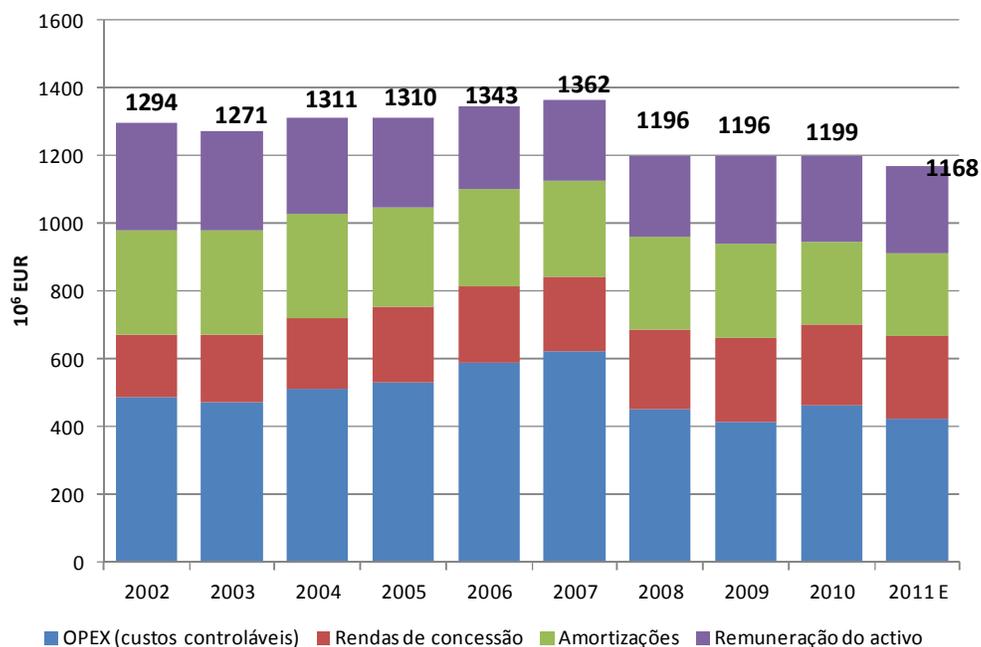
Os custos das diferentes tecnologias são recuperados através do mercado onde se assume que as ofertas de energias são baseadas nos custos marginais.

c) Calcule as quantias recebidas através do mercado pelas diferentes tecnologias.

d) Compare a quantia total recebida com o custo total calculado na alínea a).

e) No mercado de energia justifica-se o pagamento de capacidade?

PROBLEMA 5: Remuneração das actividades de transporte e de distribuição

As figuras seguintes representam as evoluções dos proveitos recebidos pelas empresas REN e EDP Distribuição, os quais são relativos às actividades de transporte e distribuição de electricidade.

1) A REN e a EDP Distribuição são consideradas empresas de monopólios naturais. O que significa tal afirmação?

2) Relativamente às figuras anteriores, descreva o significado das diferentes parcelas. Como são obtidos os números indicados.

3) Como justifica a evolução ao longo do tempo das diferentes parcelas. Calcule a relação entre os proveitos da REN e os da EDP Distribuição (retire as rendas de concessão).

4) Calcule os valores dos activos líquidos das empresas nos anos 2002 e 2011, considerando que a taxa de retorno é 9% e que a taxa de imposto é 0%.

PROBLEMA 6: Funcionamento do mercado

No dia 21 de Outubro de 2013 às 12h, agentes do Mercado Ibérico concretizaram as operações de oferta e de procura que a seguir se ilustram.

PORTUGAL		
Tecnologia	Potência [MW]	Preço [€/MWh]
PRE	5000	0
Carvão	1500	30
Hídrica	1800	40

Na hora em causa, o consumo português foi de 6800 MWh.

ESPANHA		
Tecnologia	Potência [MW]	Preço [€/MWh]
PRE	13500	0
Nuclear	6000	10
Carvão	5000	30
Hídrica	4700	40
Gás C. C.	4200	50

Na hora em causa, o consumo espanhol foi de 33000 MWh.

A capacidade de interligação, estabelecida pelos operadores do sistema, foi:

Espanha ⇨ Portugal de 1200 MW

Portugal ⇨ Espanha de 2000 MW

Nota: A Espanha tem também interligações com França e Marrocos.

a) Nas condições referidas, a capacidade de interligação Portugal e Espanha é suficiente para assegurar o trânsito de energia?
b) Calcule o preço da energia em Portugal e em Espanha?
c) Se a capacidade de interligação entre os dois países fosse igual a 1200 MW, qual o preço da energia em Portugal e em Espanha?
d) Calcule a renda da congestão.
e) Visite os site; www.ren.pt, www.ree.es, www.omie.es

PROBLEMA 7: Project Finance

Um investidor pretende fazer um investimento numa dada forma de produção de energia em Regime Especial (sujeita a tarifa fixa por MWh), no valor de 1100 € por kW instalado.

Os custos de Operação e Manutenção são 20 €/kW, e o factor de utilização médio anual desta fonte é de 25%.

1. Assumindo uma taxa de remuneração do investimento de 10% e um tempo de vida da instalação igual ao da duração da tarifa 20 anos, calcule o valor desta que permitirá a viabilização do investimento.

2. Assuma agora que 75% do investimento anterior é coberto por um crédito a 20 anos remunerado com uma taxa de juro de 5%, e que o factor de utilização da fonte será de 28%. A tarifa (feed in) é a calculada na alínea anterior.

3. Calcule o Valor Actual Líquido (VAL) do projecto.

4. Qual é a taxa de retorno dos capitais próprios do projecto?

5. Refaça os cálculos considerando a taxa de inflação igual a 2%.

PROBLEMA 8 (CONSUMIDOR DOMÉSTICO)

Um consumidor doméstico (BTN), que não optou pelo mercado, tem um consumo anual de cerca de 3000 kWh e uma potência de 6,9 kVA.

a) Considerando que o consumidor se encontra na tarifa simples, calcule o custo total do consumo referido, sem e com IVA. Qual o custo médio do kWh.
b) O consumidor pretende saber se deve ou não adoptar a tarifa bi-horária. Quais as condições que lhe permitem tomar uma decisão favorável á tarifa bi-horária.
c) Na prática como se controla a potência aparente de 6,9 kVA.

PROBLEMA 9 (CONSUMIDOR INDUSTRIAL)

Um grande consumidor industrial (AT, 60 kV), que ainda não optou pelo mercado, tem um diagrama de carga diário constante que é caracterizado pela potência do 20 MW.

a) Calcule o custo total anual associado ao consumo de energia eléctrica. Qual o valor médio do MWh?
b) Para reduzir o custo da energia eléctrica, o consumidor faz um investimento (duração de 20 anos com taxa de actualização de 6%) de modo que apenas trabalhe nas horas de vazio e super vazio. Qual o valor máximo do investimento?

PROBLEMA 10: Teoria do produtor

Um dado processo fabril é caracterizado pela função de produção dada pela expressão:

$$Y = f(K, L) = 5\ K^2 L^{1,5}$$

Onde K e L são as variáveis de entrada e Y representa a variável de saída.

Os factores de produção ou variáveis de entrada têm os preços unitários dados por:

$$p_K = 3$$

$$p_L = 5$$

a) Que tipo de rendimentos á escala apresenta o processo fabril? Justifique.
b) No plano L, K trace a isoquanta para $Y = 10^6$, qual o significado desta curva.
c) No plano L, K trace a custa do custo, qual o significado do declive desta curva?
d) Calcule o mínimo custo do produtor sabendo que a quantidade de saída é $Y = 10^6$. Qual o custo médio do produto de saída?
e) Mantendo os custos unitários dos factores de produção e aumentando a quantidade do produto de saída, o custo médio do produto de saída irá variar? Justifique.

PROBLEMA 11. Teoria do consumidor

Um dado consumidor é caracterizado pela função utilidade dada pela expressão:

$$f(a_1, a_2) = 100a_1^{0,3}a_2^{0,5}$$

Onde a_1 e a_2 são os produtos de consumo. Note-se que a expressão da função utilidade indica como se ordenam as preferências.

Os produtos de consumo a_1 e a_2 têm os preços unitários dados por:

$$p_1 = 2$$

$$p_2 = 4$$

O rendimento disponível do consumidor é: $90 = a_1.p_1 + a_2.p_2$

a) No plano a_1 , a_2 trace curvas de indiferença. Que significa deslocar-se sobre as curvas de indiferença?

b) Considere duas acções de consumo distintas, mas colocadas sobre a mesma curva de indiferença. Qualquer ponto situado sobre a recta que une os dois pontos tem uma utilidade superior à da referida curva de indiferença. Justifique.

c) Qual a condição que permite afirmar que uma dada acção de consumo tem uma utilidade superior à de uma outra acção de consumo?

d) Quais as condições de maximização da utilidade do consumidor tendo em conta o orçamento disponível?

e) Face à alínea anterior, que acontece se o rendimento disponível aumentar para 100? E se o preço unitário do produto a_2 diminui $p_2 = 3$?

PROBLEMA 12 Mercado de um produto (ajustamento)

As figuras seguintes apresentam a interacção, através do mercado, de consumidores e produtores de um dado produto.

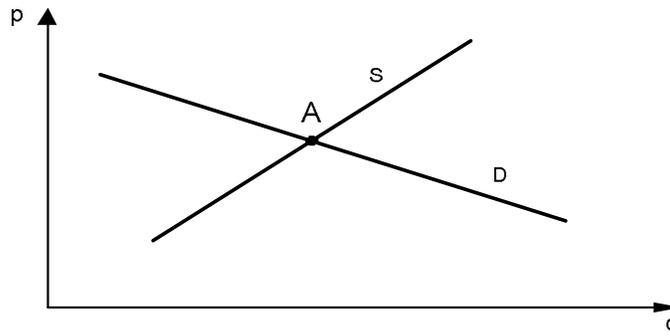



Figura 1

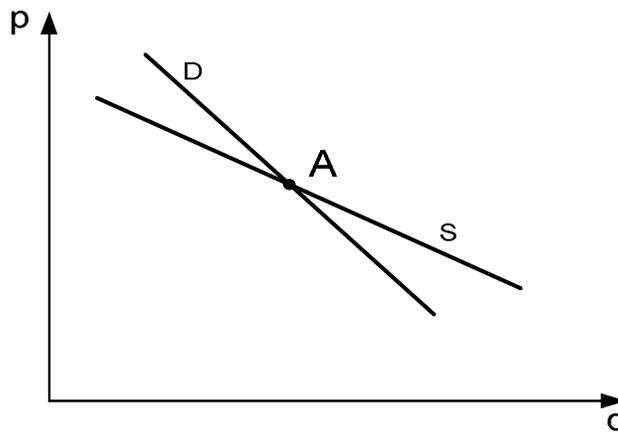



Figura 2

a) Diga como são obtidas as curvas agregadas da procura e da oferta a partir do comportamento individual dos respectivos agentes.

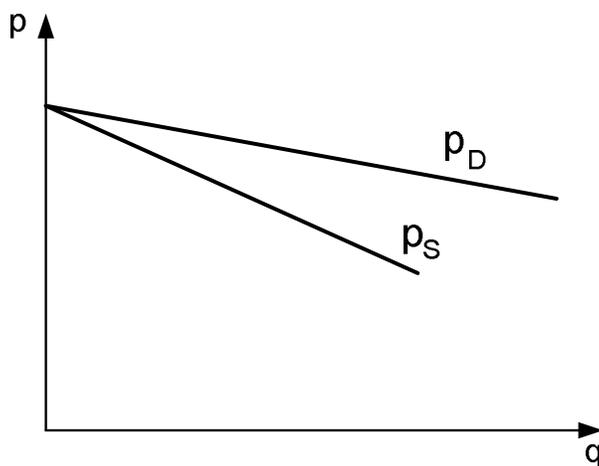
b) Que tipos de rendimentos à escala apresentam os produtos descritos nas duas curvas de oferta apresentadas nas figuras? Justifique.

c) Aplique os ajustamentos do preço e da quantidade aos mercados descritos nas figuras.

d) A curva agregada da procura nas duas figuras é igual e é estabelecida por: $p_D(q) = 1{,}4 - 0{,}4q$. As curvas agregadas de ofertas são distintas e são dadas por: $p_S(q) = 0{,}4 + 0{,}6q$ e $p_S(q) = 1{,}2 - 0{,}2q$. Com o ajustamento de quantidade estabeleça e resolva as equações de evolução dos dois mercados em causa.

PROBLEMA 13 Mercado instável de um produto

A figura seguinte apresenta a interacção, através do mercado, de consumidores e produtores de um dado produto.

Figura

A curva agregada da procura é dada por:

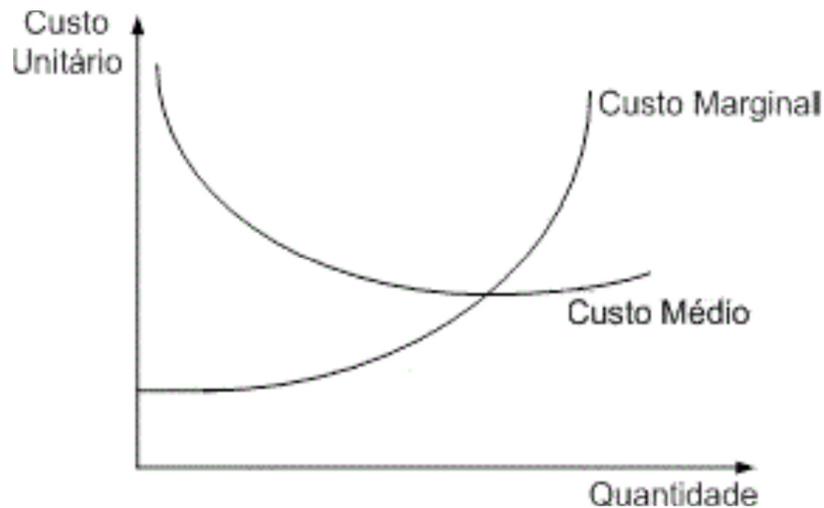
$$p_D(q) = 1{,}4 - 0{,}4q$$

A curva agregada da oferta é dada por:

$$p_S(q) = 1{,}4 - 0{,}44q$$

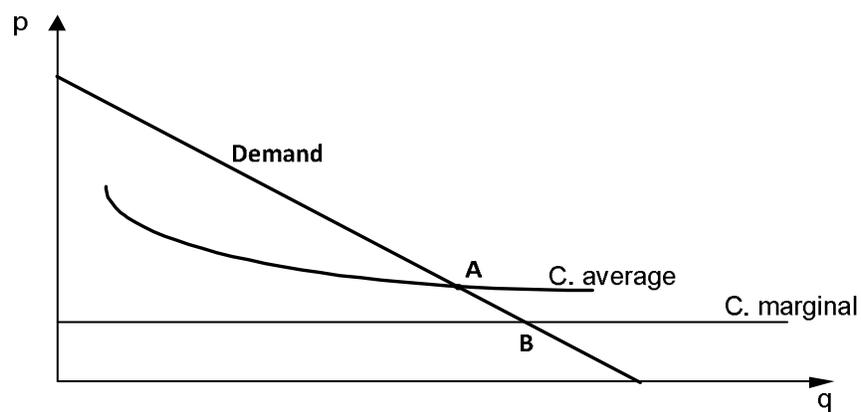
a) Com o ajustamento de quantidade estabeleça a equação que rege o comportamento do mercado.
b) O sistema é estável ou instável? Justifique.
c) Qual o resultado obtido para a quantidade do produto presente no mercado. Qual o preço de venda do produto? Justifique.
d) Com o ajustamento do preço que obteria?

PROBLEM 14 – CUSTO MÉDIO *VERSUS* CUSTO MARGINAL

Em muitos manuais de Economia, são apresentadas figuras similares á figura que a seguir se ilustra.

1. Demonstre analiticamente que na intersecção das figuras o custo médio é igual ao custo marginal.
2. O produtor vende o produto ao custo marginal. É razoável? Justifique.
3. Indique uma actividade onde os custos podem ser similares ao descrito na figura.
4. O sector eléctrico é caracterizado pela situação descrita na figura? Justifique.

PROBLEMA 15 Monopólio

A figura seguinte apresenta uma situação caracterizada por um monopólio.

Figura

O custo total do monopolista é dado por:

$$C_T(q) = 100 + 2q$$

A curva agregada da procura é dada por:

$$p_D(q) = 140 - 0.5q$$

a) Na situação em que o monopólio é regulado, a entidade reguladora fixa o preço no ponto A ou no ponto B? Justifique.
b) Determine o preço e a quantidade que caracterizam o ponto A.
c) Na situação em que o monopólio não é regulado, o monopolista, teoricamente, maximiza o lucro. Determine o ponto (quantidade e preço) que maximiza o lucro.
d) Compare os valores da alínea anterior com os valores obtidos no ponto A.

PROBLEMA 16 Concorrência perfeita

A figura seguinte apresenta uma situação caracterizada por concorrência perfeita.

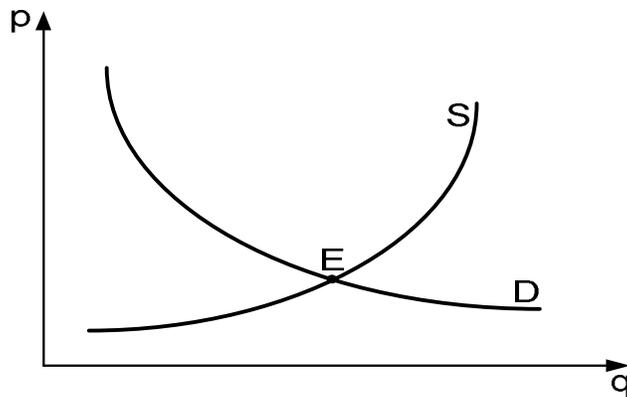



Fig. 1

A designação de mercado em concorrência perfeita traduz uma situação caracterizada por:

a) uma infinidade de consumidores e um elevado número de produtores, isto é, cada agente tem uma dimensão reduzida que não lhe permite, isoladamente, influenciar de forma contínua a evolução do mercado;

b) os produtores, as empresas, produzem um produto homogéneo;

c) os agentes dispõem de informação completa;

d) não existem barreiras à entrada e à saída das empresas.

1. Que significam as condições referidas.

2. Que tipo de rendimentos à escala apresenta a concorrência perfeita? Justifique